

# PENGARUH UKURAN BULIR DAN JENIS FLUIDA PENGISI RUANG PORI PASIR BESI TERHADAP SUSEPTIBILITAS MAGNETIKNYA

## *(THE EFFECT OF THE GRAIN SIZE AND THE TYPE OF FLUIDS FILLING THE PORE OF IRON SAND TOWARD ITS MAGNETIC SUSCEPTIBILITY)*

Sangaji Hasmi Maharani Ipa

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Papua  
Jl. Gunung Salju Amban, Manokwari, Indonesia  
e-mail: ajiipa2012@gmail.com

### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh perbedaan ukuran bulir dan jenis fluida pengisi ruang pori terhadap nilai suseptibilitas magnetiknya. Pasir besi dipisahkan menjadi ukuran 0.5 mm, 0.25 mm, 0.125 mm dan 0.074 mm kemudian dibuat menjadi tiga kondisi yaitu kering, tercampur aquades dan air garam. Metode pengukuran dilakukan di laboratorium menggunakan *Bartington MS2 Susceptibility Magnetic Meter* dan *XRD (X-Ray Diffraction)*. *Bartington MS2 Susceptibility Magnetic Meter* untuk mengukur suseptibilitas magnetik dari setiap ukuran bulir pada ketiga kondisi sedangkan *XRD* untuk mengidentifikasi jenis dan konsentrasi mineral yang terkandung dalam setiap ukuran bulir pasir besi. Pasir besi dengan ukuran bulir semakin kecil dan konsentrasi mineral magnetite semakin banyak akan meningkatkan nilai suseptibilitas magnetik dan rapat massanya. Disamping itu, jenis fluida pengisi ruang pori setiap ukuran bulir juga memberikan efek pada variasi nilai suseptibilitas magnetik.

Kata kunci: fluida, pasir besi, suseptibilitas magnetik

### **Abstract**

*This study was aimed at assessing the effect of grain size and type of fluid filling the pore to its magnetic susceptibility value. Iron sand was separated based on the grain size into 0.5 mm, 0.25 mm, 0.125 mm and 0.074 mm and based on the condition; namely dry, mixed with distilled water and salt water. Some measurements were done in the laboratory using Bartington MS2 Susceptibility Magnetic Meter and XRD (X-Ray Diffraction). Bartington MS2 Susceptibility Magnetic Meter is used to measure the magnetic susceptibility of each grain size in all conditions, while XRD is used to identify the type and the concentration of minerals contained in each size of iron sand. Iron sand with the smaller grain size and high concentration of magnetite mineral will increase the value of magnetic susceptibility and its density. In addition, the type of fluids that fills the pore of each size also gives the variations of the magnetic susceptibility.*

*Keywords: fluids, iron sand, magnetic susceptibility*

### **PENDAHULUAN**

Suseptibilitas magnetik dapat dikatakan sebagai ukuran mineralogi magnetik batuan

dan telah dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Sampai saat ini banyak kajian telah dilakukan untuk memahami hubungan antara

suseptibilitas magnetik dengan parameter-parameter fisis yang mempengaruhinya. Asikainen, Francus, & Brigham-Grette (2007) mengkonfirmasi bahwa sinyal suseptibilitas magnetik di Danau El'gygytgyn merupakan fungsi dari disolusi (pelarutan) dan bukan karena ukuran bulir atau kandungan organik.

Huliselan (2009) mengkaji sifat-sifat magnetik sebagai indikator *proxy* kandungan logam berat pada lumpur lindi dari TPA Jekekong dan TPA Sarimurti Kota Bandung. Grunewald & Knight (2011) menganalisis bagaimana kondisi lingkungan geologi dengan suseptibilitas magnetik rendah menyebabkan parameter relaksasi sangat sensitif terhadap variasi ukuran pori dan oleh karenanya dapat memberikan informasi tentang sifat-sifat akifer. Safiuddin, *et al.* (2011) mengkaji sifat magnetik pada tanah laterit dari tiga daerah yang berbeda di Pomala Sulawesi Tenggara sebagai indikator proses pedogenik.

Berdasarkan beberapa studi di atas, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengkaji bagaimana pengaruh perbedaan ukuran bulir dan jenis fluida baik udara, air murni (aquades) maupun air garam pengisi ruang pori terhadap variasi nilai suseptibilitas magnetik.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan pasir besi yang diambil dari Pantai Bayuran, Jepara, Jawa Tengah. Pemilihan pasir besi sebagai objek kajian didasarkan pada

ketersediaan cadangannya di wilayah Indonesia yang cukup banyak dan tersebar di hampir sebagian besar wilayah mulai dari Sumatera, Jawa sampai ke Nusa Tenggara, Sulawesi dan Maluku Utara. Disamping itu, kajian tentang sifat magnetik dan optimasi pengolahannya menjadi magnet ferit sudah pernah dilakukan oleh Yulianto (2006).

Sampel pasir besi yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir besi yang telah dipisahkan berdasarkan ukuran bulir yaitu 0.5 mm (*coarse sand*), 0.25 mm (*medium sand*), 0.125 mm (*fine sand*) dan 0.074 mm (*very fine sand*). Pasir besi dengan ukuran bulir yang berbeda ini kemudian dibuat menjadi tiga kondisi yaitu kering, tercampur air murni dan air garam. Hal ini dilakukan untuk melihat bagaimana pengaruh jenis fluida pengisi ruang pori setiap ukuran bulir pasir besi terhadap variasi nilai suseptibilitas magnetiknya. Air murni yang digunakan adalah aquades sedangkan air garam dibuat sesuai komposisi air laut yaitu 35 gram Sodium Chlorida (NaCl) dalam 1000 mL aquades dengan perbandingan volum antara aquades dan air garam terhadap volum pasir besi adalah 1:3.

Pengukuran suseptibilitas magnetik pasir besi dari setiap ukuran bulir menggunakan satu unit Bartington MS2 *Magnetic Susceptibility Meter* yang bekerja pada dua frekuensi yaitu 0.46 kHz ( $\omega_{lf}$ ) dan 4.6 kHz ( $\omega_{hf}$ ). Hubungan antara kedua frekuensi ini akan berperan dalam mendeteksi keberadaan

mineral superparamagnetik (SP) dalam sampel pasir besi yang dinyatakan dalam persentase *Frequency Dependent Susceptibility* (% FDS) (Dearing, 1999) berikut.

$$\% \text{ FDS} = \chi_{fd}(\%) = \frac{(\chi_{lf} - \chi_{hf})}{\chi_{lf}} \times 100\% \quad (1)$$

Identifikasi jenis mineral (mineralogi) yang terkandung dalam setiap ukuran bulir pasir besi beserta kuantitasnya menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD) diffractometer* bertipe *PW 1710*. Setiap sampel yang digunakan digerus terlebih dahulu hingga berbentuk bubuk halus (*powder*) lalu dilakukan penyinaran dengan sinar X selama waktu yang telah ditentukan.

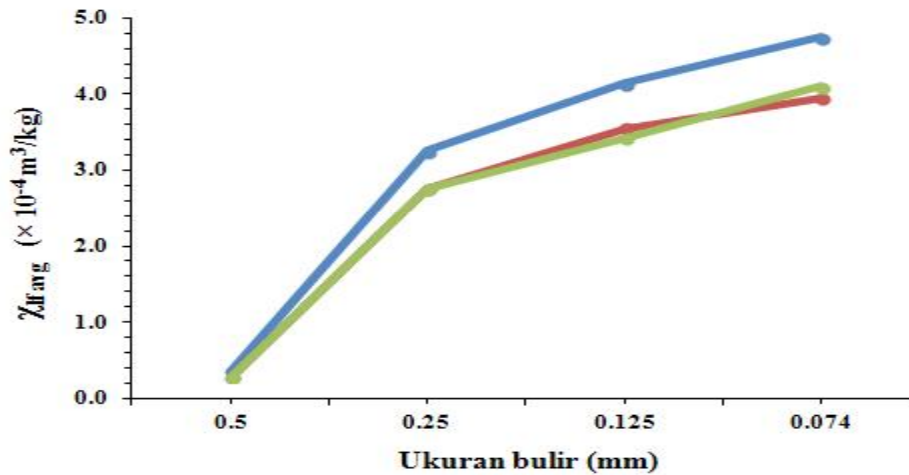
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan data hasil pengukuran suseptibilitas magnetik ( ) setiap ukuran bulir pasir besi pada frekuensi rendah dan frekuensi tinggi serta *frequency dependent susceptibility*. Nilai  $\chi_{fd}$  berada diantara 0-2 % dan berdasarkan Dearing (1999) diklasifikasikan dalam daerah  $\chi_{fd}$  rendah yang mengindikasikan hampir tidak ada bulir superparamagnetik (SP) dalam sampel pasir besi. Hal ini disebabkan karena perubahan frekuensi dari rendah ke tinggi tidak memberikan penurunan nilai suseptibilitas magnetik yang signifikan.

Gambar 1 menunjukkan pola perubahan nilai suseptibilitas magnetik pasir besi pada

Tabel 1. Suseptibilitas Magnetik ( ) Pasir Besi Berdasarkan Ukuran Bulir pada Kondisi (1) Kering, Kondisi Tercampur (2) Aquades dan (3) Air Garam

Sampel (mm)	( $\times 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ ) <sup>lf</sup>	( $\times 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ ) <sup>lf avg</sup>	( $\times 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ ) <sup>hf</sup>	( $\times 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ ) <sup>hf avg</sup>	(%) <sup>fd</sup>	(%) <sup>fd avg</sup>
<b>Pasir besi Kering</b>						
0,5	0,32 - 0,38	0,36 ± 0,03	0,32 - 0,38	0,36 ± 0,03	0,62 - 0,94	0,77 ± 0,14
0,25	3,18 - 3,32	3,26 ± 0,06	3,16 - 3,30	3,24 ± 0,06	0,53 - 0,61	0,57 ± 0,03
0,125	4,12 - 4,18	4,14 ± 0,02	4,11 - 4,15	4,12 ± 0,02	0,43 - 0,60	0,50 ± 0,08
0,074	4,74 - 4,78	4,75 ± 0,02	4,71 - 4,75	4,72 ± 0,02	0,54 - 0,62	0,58 ± 0,03
<b>Pasir besi tercampur aquades</b>						
0,5	0,27 - 0,29	0,28 ± 0,01	0,27 - 0,29	0,28 ± 0,01	0,16 - 0,31	0,22 ± 0,07
0,25	2,69 - 2,85	2,75 ± 0,07	2,67 - 2,84	2,74 ± 0,07	0,35 - 0,49	0,43 ± 0,06
0,125	3,53 - 3,56	3,55 ± 0,02	3,51 - 3,54	3,53 ± 0,01	0,58 - 0,71	0,62 ± 0,06
0,074	3,90 - 4,03	3,95 ± 0,05	3,87 - 4,01	3,93 ± 0,06	0,50 - 0,76	0,65 ± 0,11
<b>Pasir besi tercampur air garam</b>						
0,5	0,26 - 0,29	0,28 ± 0,01	0,26 - 0,29	0,28 ± 0,01	0,75 - 0,92	0,84 ± 0,07
0,25	2,71 - 2,78	2,76 ± 0,03	2,71 - 2,77	2,75 ± 0,03	0,25 - 0,38	0,30 ± 0,05
0,125	3,40 - 3,45	3,42 ± 0,02	3,40 - 3,44	3,42 ± 0,02	0,11 - 0,13	0,12 ± 0,01
0,074	4,09 - 4,12	4,10 ± 0,01	4,07 - 4,10	4,08 ± 0,01	0,46 - 0,49	0,47 ± 0,01

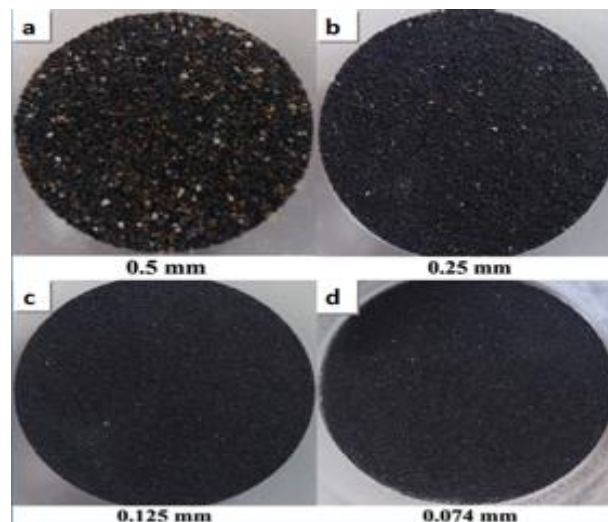


Gambar 1. Pola Perubahan Nilai Suseptibilitas Magnetik Pasir Besi dari Setiap Ukuran Bulir pada Kondisi Kering (1), Tercampur Aquades (3) dan Air Garam (2)

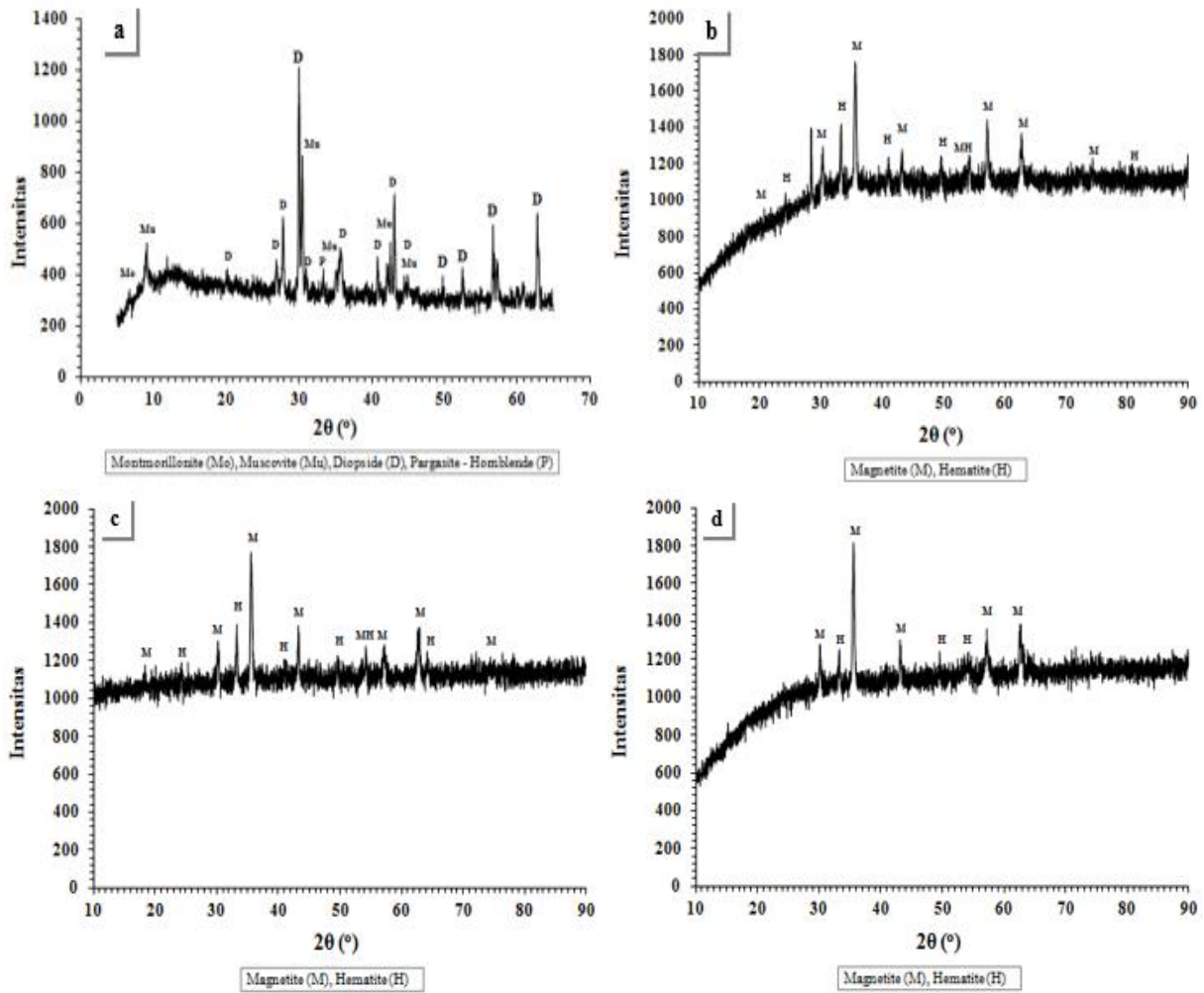
ukuran bulir 0,5 mm (*coarse sand*); 0,25 mm (*medium sand*); 0,125 mm (*fine sand*) dan 0,074 mm (*very fine sand*) baik pada kondisi kering (biru), tercampur aquades (merah) maupun air garam (hijau). Nilai suseptibilitas magnetik semakin besar ketika ukuran bulir

semakin kecil karena kandungan mineral magnetik terutama *magnetite* semakin banyak.

Gambar 2 dan Gambar 3 memperlihatkan tampilan fisik dan hasil analisis XRD dari jenis mineral yang terkandung dalam setiap ukuran bulir. Pada ukuran bulir



Gambar 2. Tampilan Fisik Jenis Mineral Pasir Besi pada Ukuran Bulir (a) 0.5 mm, (b) 0.25 mm, (c) 0.125 mm dan (d) 0.074 mm



Gambar 3. Spektrum Sinar X dari Ukuran Bulir  
 (a) 0.5 mm, (b) 0.25 mm, (c) 0.125 mm dan (d) 0.074 mm

0,5 mm terlihat lebih banyak bulir-bulir berwarna putih, coklat, hijau dan hitam (Gambar 2a). Berdasarkan hasil XRD (Gambar 3a) pada ukuran bulir 0,5 mm ini teridentifikasi keberadaan mineral silika yang bersifat diamagnetik dan paramagnetik yakni *diopside-D* (70,5%), *muscovite-Mu* (19,1%), *pargasite-hornblende-P* (5,2%) dan *montmorillonite -Mo* (5,2%). Pada ukuran bulir 0,25 mm, 0,125 mm, dan 0,074 mm (Gambar 2b-2d) terlihat dominasi bulir-bulir

berwarna hitam mengkilap yang merupakan mineral oksida besi yaitu *magnetite* (*ferrimagnetic*) dan *hematite* (*canted-anti-ferromagnetic*). Secara kuantitatif, *magnetite* (M) dan *hematite* (H) yang terkandung dalam ukuran bulir 0,25 mm adalah sebanyak 43,2% dan 56,8% (Gambar 3b), ukuran bulir 0,125 mm sebanyak 47,1% dan 52,9% (Gambar 3c) serta ukuran bulir 0,074 mm sebanyak 52,5% dan 47,5% (Gambar 3d).

Rapat massa pasir besi Pantai Bayuran yang terukur pada penelitian sebelumnya adalah sebesar  $2,55 \text{ g/cm}^3$  dengan nilai suseptibilitas magnetik  $3,34 \times 10^{-4} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$  (Yulianto, 2006). Rapat massa pasir besi dari lokasi yang sama setelah dipisahkan berdasarkan ukuran bulir untuk ukuran bulir 0,5 mm adalah sebesar  $2,00 \text{ g/cm}^3$  (terkecil) sedangkan ukuran bulir 0,25 mm, 0,125 mm dan 0,074 mm relatif sama yaitu  $2,47\text{-}2,50 \text{ g/cm}^3$ . Menurut Yulianto (2006), nilai suseptibilitas magnetik yang tinggi menunjukkan konsentrasi mineral magnetik yang tinggi pula dan dipengaruhi oleh rapat massa. Namun demikian, hasil pengukuran satu besaran tidak dapat langsung dijadikan sebagai patokan untuk memprediksi besaran lainnya.

Nilai suseptibilitas magnetik pasir besi tinggi pada kondisi kering (biru) kemudian nilainya turun cukup signifikan ketika tercampur aquades (merah) dan bergerak naik lagi ketika tercampur air garam (hijau) namun tidak signifikan. Penurunan nilai suseptibilitas magnetik ini disebabkan karena keberadaan air yang terkandung dalam pasir besi. Air bersifat diamagnetik sehingga akan mengurangi suseptibilitas magnetik medium yang bercampur dengannya. Suseptibilitas magnetik air murni (aquades) maupun air garam (*salt water*) ) relatif sama yaitu  $-0,9 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$  (Dearing, 1999). Perbedaan nilai suseptibilitas magnetik dari pasir besi yang tercampur air garam yang sedikit lebih

besar meskipun tidak signifikan bisa jadi disebabkan oleh adanya ion-ion Sodium Chlorida yang terkandung di dalamnya.

## **KESIMPULAN**

Suseptibilitas magnetik pasir besi dipengaruhi oleh ukuran bulir dan jenis fluida pengisi ruang porinya. Semakin kecilnya ukuran bulir pasir besi menyebabkan nilai suseptibilitas magnetiknya semakin besar. Dalam keadaan kering, pasir besi memiliki suseptibilitas magnetik yang lebih besar dibandingkan dengan suseptibilitas magnetiknya ketika berada dalam keadaan basah baik ketika tercampur aquades maupun air garam.

Ukuran bulir pasir besi berkorelasi dengan jenis mineralnya. Pada ukuran bulir 0,5 mm, jenis mineral yang teridentifikasi adalah mineral silika terutama *diopside*, *muscovite*, *pargasit-hornblende* dan *montmorillonite*. Sedangkan pada ukuran bulir 0,25 mm; 0,125 mm; dan 0,074 mm, jenis mineral yang teridentifikasi adalah mineral oksida besi yaitu *magnetite* dan *hematite*. Semakin kecil ukuran bulir pasir besi, kandungan mineral *magnetite* yang teridentifikasi semakin banyak. Jenis mineral dan konsentrasinya dalam setiap ukuran bulir inilah yang mempengaruhi sifat kemagnetan pada pasir besi.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Asikainen, C.A., Francus, P., & Brigham-Grette, J. 2007. *Sedimentology, Clay*

- Mineralogy and Grain-Size as Indicators of 65 ka of Climate Change from El'gygytgyn Crater Lake, Northeastern Siberia. *J Paleolimnol*, 37, 105-122.
- Dearing, J. 1999. *Environmental Magnetic Susceptibility Using the Bartington MS2 System OMO0490*. Oxford: Bartington Instrument Limited.
- Grunewald, E., & Knight, R. 2011. The Effect of Pore Size and Magnetic Susceptibility on the Surface NMR Relaxation Parameter. *Near Surface Geophysics*, 9, 1-10.
- Huliselan, E.K. 2009. Sifat-sifat Magnetik sebagai Indikator Proxy Kandungan Logam Berat pada Lumpur Lindi. *Disertasi*. Institut Teknologi Bandung.
- Safiuddin, L.O., Haris, H., Wirman, R.P., & Bijaksana, S. 2011. A Preliminary Study of the Magnetic Properties on Laterite Soils as Indicators of Pedogenic Processes. *Latinmag Letters*, 1(1), 1-15.
- Yulianto, A. 2006. Kajian Sifat Magnetik Pasir Besi dan Optimasi Pengolahannya menjadi Magnet Ferit. *Disertasi*. Institut Teknologi Bandung.